



(11) **EP 2 459 668 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**05.09.2018 Bulletin 2018/36**

(21) Numéro de dépôt: **10745306.0**

(22) Date de dépôt: **23.06.2010**

(51) Int Cl.:  
**C09K 5/04 (2006.01)**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2010/051283**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2011/015738 (10.02.2011 Gazette 2011/06)**

(54) **PROCEDE DE TRANSFERT DE CHALEUR**  
**WÄRMEÜBERTRAGUNGSVERFAHREN**  
**HEAT TRANSFER PROCESS**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **28.07.2009 FR 0955267**

(43) Date de publication de la demande:  
**06.06.2012 Bulletin 2012/23**

(73) Titulaire: **Arkema France**  
**92700 Colombes (FR)**

(72) Inventeur: **RACHED, Wissam**  
**69630 Chaponost (FR)**

(74) Mandataire: **Chahine, Audrey Claire et al**  
**ARKEMA France**  
**Département Propriété Industrielle**  
**420, rue d'Estienne d'Orves**  
**92705 Colombes Cedex (FR)**

(56) Documents cités:  
**WO-A2-2008/134061 US-A1- 2006 010 872**

- Sylvain Quoilin and Vincent Lemort: "Technological and Economical Survey of Organic Rankine Cycle Systems" 5th European conference, Economics and management of energy in industry 14 avril 2009 (2009-04-14), XP002572843 Extrait de l'Internet: URL:[http://www.labothap.ulg.ac.be/cmsms/uploads/File/ECEME1\\_PaperULg\\_SQVL090407.pdf](http://www.labothap.ulg.ac.be/cmsms/uploads/File/ECEME1_PaperULg_SQVL090407.pdf)
- Wikipedia: "Rankine cycle" 22 juillet 2009 (2009-07-22), XP002572844 Extrait de l'Internet: URL:[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Rankine\\_cycle&oldid=303457274](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Rankine_cycle&oldid=303457274) [extrait le 2010-03-11]
- Wikipedia: "Organic Rankine cycle" 19 juillet 2008 (2008-07-19), XP002572845 Extrait de l'Internet: URL:[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Organic\\_Rankine\\_Cycle&oldid=226589290](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Organic_Rankine_Cycle&oldid=226589290) [extrait le 2010-03-11]

Remarques:

Le dossier contient des informations techniques présentées postérieurement au dépôt de la demande et ne figurant pas dans le présent fascicule.

**EP 2 459 668 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

- 5 **[0001]** La présente invention concerne un procédé de conversion d'énergie à l'aide d'une composition renfermant des hydrofluorooléfines Elle a plus particulièrement pour objet l'utilisation d'une composition renfermant des hydrofluorooléfines dans les systèmes à Cycle Organique de Rankine.
- [0002]** Avec l'augmentation constante des prix de l'énergie, la nécessité d'optimiser l'utilisation de l'énergie et sa récupération est en forte croissance. En outre, les campagnes de sensibilisation de réduction d'émissions de dioxyde de carbone indiquent l'importance de la récupération de l'énergie.
- 10 **[0003]** Le principe de la récupération de l'énergie est de transformer de l'énergie non exploitée en électricité. La détente d'un fluide tel que le gaz transforme l'énergie cinétique en énergie mécanique. Les turbines produisent ainsi de l'électricité en utilisant le phénomène d'expansion pour entraîner une roue et produire de l'électricité.
- [0004]** Le cycle de Rankine constitue le cycle élémentaire sur un plan industriel pour produire de l'énergie à partir de l'eau liquide/vapeur. Il se compose des phases suivantes : (i) chauffage, (ii) évaporation à température constante jusqu'à atteindre la saturation, (iii) détente isentropique (cas idéal), (iv) condensation à température constante et (v) compression isentropique.
- 15 **[0005]** Le cycle de Rankine peut être appliqué à d'autres systèmes thermodynamiques, en particulier avec l'utilisation des fluides différents de la vapeur d'eau. Les Cycles Organiques de Rankine permettent d'exploiter les propriétés de ces autres fluides.
- [0006]** Les problèmes posés par les substances appauvrissant la couche d'ozone atmosphérique (ODP : ozone depletion potential) ont été traités à Montréal où a été signé le protocole imposant une réduction de la production et de l'utilisation des chlorofluorocarbures (CFC). Ce protocole a fait l'objet d'amendements qui ont imposé l'abandon des CFC et étendu la réglementation à d'autres produits.
- 20 **[0007]** Les hydrofluorocarbures (HFC) ont remplacé les CFC et/ou les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) Le 1,1,3,3,3-pentafluoropropane (HFC-245fa) a ainsi été proposé comme fluide pour les systèmes à Cycle Organique de Rankine dans lequel le HFC-245fa est chauffé à une température comprise entre 140°F et 300°F (60 et 149°C) (WO 2006/113902).
- 25 **[0008]** Le document WO 2005/085398 divulgue l'utilisation des éthers polyfluorés et des cétones polyfluorés comme fluide pour convertir l'énergie thermique en énergie mécanique, en particulier pour les systèmes à Cycle Organique de Rankine, à la température critique ou au-delà de la température critique du HFC-245fa (154°C).
- 30 **[0009]** WO 2008/134061 divulgue un procédé utilisant un fluide frigorigène comportant du Z-1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ène, et un composé choisi parmi le pentane, l'isopentane, le 1,1,1,3,3-pentafluorobutane, le trans-1,2-dichloroéthylène, le 1,1,1,3,3-pentafluoropropane, le diméthoxyméthane, et le cyclopentane.
- [0010]** US 2006/010872 décrit un système de récupération d'énergie avec un fluide frigorigène.
- 35 **[0011]** Les problèmes rencontrés avec ces polyfluorés éthers ou cétones est la faible pression au condenseur favorisant ainsi l'infiltration d'air dans les installations. La présence d'humidité et d'oxygène dans les installations conduisent à la corrosion et à la destruction des parties mécaniques.
- [0012]** La demanderesse a maintenant découvert que des compositions renfermant des hydrofluorooléfines conviennent tout particulièrement comme fluide de conversion d'énergie dans les systèmes à Cycle Organique de Rankine, en particulier les systèmes fonctionnant à basse température entre 60 et 150 °C. En outre ces compositions ont un ODP négligeable et un GWP (Global Warming Potentials) inférieur à celui des fluides existants. Ces mélanges présentent aussi des températures critiques supérieures à 150°C, permettant ainsi leur utilisation à des températures plus élevées dans les systèmes à Cycle Organique de Rankine.
- 40 **[0013]** La contribution à l'effet de serre d'un fluide est quantifiée par un critère, le GWP qui résume le pouvoir de réchauffement en prenant une valeur de référence de 1 pour le dioxyde de carbone.
- 45 **[0014]** Les systèmes à Cycle Organique de Rankine fonctionnent avec des fluides appelés fluides frigorigènes dans un ou plusieurs étage(s).
- [0015]** Il est décrit un procédé de conversion d'énergie mettant en oeuvre un système avec turbine comportant au moins un étage comprenant successivement une étape d'évaporation d'un fluide frigorigène, une étape de détente dans une turbine, une étape de désurchauffe dans un échangeur interne, une étape de condensation dudit fluide et une étape de compression liquide dans une pompe caractérisé en ce que le fluide frigorigène comprend au moins une hydrofluorooléfine, ayant au moins 4 atomes de carbone représentées par la formule (I)  $R^1CH=CHR^2$  dans laquelle  $R^1$  et  $R^2$  représentent indépendamment, des groupements alkyle, ayant de 1 à 6 atomes de carbone, substitués par au moins un atome de fluor, éventuellement par au moins un atome de chlore.
- 50 **[0016]** Il est décrit qu'au moins un groupement alkyle de l'hydrofluorooléfine est complètement substitué par les atomes de fluor.
- 55 **[0017]** Il est décrit que la température de condensation du fluide frigorigène est égale ou supérieure à la température ambiante de l'air ou bien d'une source froide naturelle (lac ou écoulement d'eau), normalement comprise entre -40°C et 50°C suivant les saisons et situation géographique.

- [0018]** La présente demande concerne un procédé de conversion d'énergie mettant en oeuvre un système avec turbine comportant au moins un étage comprenant successivement une étape d'évaporation d'un fluide frigorigène, une étape de détente dans une turbine, une étape de désurchauffe dans un échangeur interne, une étape de condensation dudit fluide et une étape de compression liquide dans une pompe caractérisé en ce que le fluide frigorigène comprend de 40 à 100 % en poids de 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ène et de 0 à 60 % en poids d'au moins un composé choisi parmi le pentane, l'isopentane, le cyclopentane et le trans-1,2-dichloroéthylène, et la température d'évaporation étant comprise entre 60 et 150°C.
- [0019]** De préférence, la température d'évaporation du fluide frigorigène est comprise comprise entre 80 °C et 150°C
- [0020]** Comme hydrofluorooléfines de formule (I), on peut citer notamment le 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ène, le 1,1,1,4,4,5,5,5-octafluoro-pent-2-ène, le 1,1,1,4-tetrafluorobut-2-ène, le 1,1,1,4,4-pentafluorobut-2-ène, le 1,1,4-trifluorobut-2-ène, le 1,1,1-trifluorobut-2-ène, le 4-chloro-1,1,1-trifluorobut-2-ène, le 4-chloro-4,4-difluorobut-2-ène.
- [0021]** Les hydrofluorooléfines de formule (I) préférées peuvent être sous forme cis ou trans ou mélange des deux.
- [0022]** Outre les ou l'hydrofluorooléfine(s) de formule (I), le fluide frigorigène peut comprendre au moins un composé choisi parmi les hydrofluorocarbures, les hydrocarbures, les (hydro)fluoroéthers, les hydrochlorofluoropropènes, les hydrofluoropropènes, les éthers, les alcools, le formiate de méthyle, le dioxyde de carbone et le trans-1,2 dichloroéthylène.
- [0023]** Comme hydrofluorocarbures, on peut citer notamment le 1,1,1,3,3-pentafluorobutane, le 1,1,1,2 tetrafluoroéthane, le pentafluoroéthane, le 1,1,1,3,3-pentafluoropropane, le 1,1,1,2,3-pentafluoropropane, le 1,1,1,2,2-pentafluoropropane, le 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropane, le 1,1,2,2,3-pentafluoropropane, le 1,1,1,3,3-pentafluorobutane, le 1,1,1,2,2,3,4,5,5-decafluoropentane et le 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropane.
- [0024]** Les hydrocarbures, ayant au moins trois atomes de carbone sont préférés. Les hydrocarbures à cinq atomes de carbone tels que le pentane, isopentane, cyclopentane sont particulièrement préférés.
- [0025]** Les hydrochlorofluoropropenes préférés sont le 2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ene et le 1-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ene, en particulier le trans-1-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ene.
- [0026]** Les hydrofluoroéthers préférés sont ceux ayant de trois à six atomes de carbone.
- [0027]** Comme hydrofluoroéthers, on peut citer notamment l'heptafluoromethoxy propane, le nonafluoromethoxy butane et le nonafluoroéthoxy butane. L'hydrofluoroéther est disponible sous plusieurs formes isomères tels que le 1,1,1,2,2,3,3,4,4-nonafluoro-éthoxybutane, le 1,1,1,2,3,3 -hexafluoro-2-(trifluorométhyl)-3-éthoxybutane, le 1,1,1,2,2,3,3,4,4-nonafluoro-méthoxybutane, le 1,1,1,2,3,3-hexafluoro-2-(trifluorométhyl)-3-méthoxybutane, et le 1,1,1,2,2,3,3-heptafluoromethoxypropane.
- [0028]** Les hydrofluoropropènes préférés sont les trifluoropropènes tel que le 1,1,1-trifluoropropène, les tetrafluoropropènes tels que le 2,3,3,3-tetrafluoropropène (HFO-1234yf), et le 1,3,3,3-tetrafluoropropène (cis et/ou trans).
- [0029]** Les éthers peuvent être choisis parmi le diméthyléther, le diéthyléther, le diméthoxyméthane ou le dipropoxy-méthane.
- [0030]** Les alcools peuvent être choisis parmi l'éthanol, l'isopropanol, le butanol et l'isobutanol.
- [0031]** De préférence, le fluide frigorigène comprend au moins un hydrofluorooléfine de formule (I) et au moins un hydrofluorocarbure. L'hydrofluorocarbure choisi est avantageusement le 1,1,1,3,3-pentafluorobutane et le 1,1,1,3,3-pentafluoropropane
- [0032]** Des compositions azéotropiques du 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ène avec le pentane, l'isopentane, le cyclopentane ou le trans-1,2 dichloroéthylène peuvent également convenir.
- [0033]** De préférence, le fluide frigorigène comprend au moins 10 % en poids d'hydrofluorooléfines de formule (I).
- [0034]** Comme fluides frigorigènes particulièrement préférés, on peut citer ceux comprenant de 60 à 100 % en poids de 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ène et de 0 à 40 % en poids de cyclopentane, pentane, d'isopentane ou trans 1,2-dichloroéthylène.
- [0035]** Le fluide frigorigène utilisé dans la présente invention peut comprendre un stabilisant de l'hydrofluorooléfine. Le stabilisant représente au plus 5 % en poids par rapport à la composition totale du fluide.
- [0036]** Comme stabilisants, on peut citer notamment le nitrométhane, l'acide ascorbique, l'acide terephthalique, les azoles tels que le toluotriazole ou le benzotriazole, les composés phénoliques tels que le tocopherol, l'hydroquinone, le t-butyl hydroquinone, le 2,6-di-ter-butyl-4-methylphenol, les epoxydes (alkyl éventuellement fluoré ou perfluoré ou alkenyl ou aromatique) tels que les n-butyl glycidyl ether, hexanediol diglycidyl ether, allyl glycidyl ether, butylphenylglycidyl ether, les phosphites, les phosphates, les phosphonates, les thiols et lactones.
- [0037]** Le fluide frigorigène utilisé dans le procédé selon la présente invention peut comprendre des lubrifiants tels que l'huile minérale, alkylbenzène, le polyalphaoléfine, le polyalkylène glycol, le polyolester et le polyvinyl éther. Les lubrifiants utilisés avec le fluide frigorigène peuvent comprendre des nanoparticules afin d'améliorer la conductivité thermique du fluide ainsi que sa compatibilité avec les lubrifiants. Comme nanoparticules, on peut citer notamment les particules d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ou de TiO<sub>2</sub>.
- [0038]** Les lubrifiants utilisés avec le fluide frigorigène peuvent comprendre des agent de déshumidification type zeolite. Les zeolites absorbe l'eau ce qui empeche la corrosion et la degradation des performances.

EP 2 459 668 B1

PARTIE EXPERIMENTALE

[0039]

5 Evap : évaporateur,  
 Cond : condenseur,  
 Temp: température,  
 P: pression,  
 Rend : c'est le rapport de la puissance fournie par la turbine à la puissance chaude utile fournie au système.

10 [0040] Les performances du fluide frigorigène dans les conditions de fonctionnement en cycle de conversion d'énergie avec la température à l'évaporateur maintenue à 11,7°C et au condenseur à 149°C sont données ci-dessous.

[0041] Rendement isentropique de la turbine: 100 %

15 C: Isopentane  
 D: TDCE  
 F: pentane  
 G: 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ène  
 PFE-PFIPK (perfluoroethyl perfluoroisopropyl cétone)  
 20 MPFBE (methyl perfluorobutyl ether)

		Temp entrée cond (°C)	Temp sortie cond (°C)	Temp sortie pompe (°C)	Temp entrée évap (°C)	Temp entrée turbine (°C)	Temp sortie turbine (°C)	evap P (bar)	cond P (bar)	Glissement	rendement isentropique	% Puissance Fournie	% rend
	<b>245fa</b>	11,7	11,7	12,7	149	149	25,7	33,5	0,86	0,00	1,00	100	100
	<b>PFE-PFIPK</b>	11,7	11,7		149	149		12,9	0,29	0,000	1,0	149	95
	<b>MPFBE</b>	11,7	11,7		149	149		8,7	0,14	0,000	1,0	164	102
	<b>G</b>	11,7	11,7	12,1	149	149	54,2	19,7	0,42	0,00	1,00	98	107
	<b>F</b>												
	<b>G</b>												
20	80	14,3	11,7	12,2	149	149	57,2	21,6	0,67	-2,61	1,00	110	107
30	70	11,7	11,7	12,2	149	149	57,3	21,5	0,68	-0,01	1,00	121	110
40	60	14,1	11,7	12,2	149	150	58,7	21,0	0,67	-2,39	1,00	132	109
50	50	16,5	11,7	12,2	149	151	60,6	20,3	0,67	-4,81	1,00	144	109
	<b>C</b>												
	<b>G</b>												
20	80	17,2	11,7	12,3	149	149	57,4	23,0	0,78	-5,50	1,00	106	104
30	70	13,8	11,7	12,3	149	149	56,3	23,3	0,79	-2,05	1,00	116	107
40	60	11,8	11,7	12,3	149	149	56,9	23,0	0,79	-0,05	1,00	127	110
50	50	13,4	11,7	12,3	149	150	58,5	22,5	0,79	-1,70	1,00	138	110
60	40	15,0	11,7	12,3	149	151	59,9	21,8	0,78	-3,29	1,00	149	109
	<b>D</b>												
	<b>G</b>												
10	90	13,4	11,7	12,1	149	149	50,7	20,1	0,51	-1,70	1,00	100	107
15	85	12,9	11,7	12,1	149	149	48,0	20,2	0,52	-1,19	1,00	102	107
20	80	12,2	11,7	12,1	149	149	44,9	20,2	0,53	-0,50	1,00	105	108
30	70	12,6	11,7	12,1	149	150	39,4	19,9	0,53	-0,89	1,00	110	108
40	60	16,2	11,7	12,1	149	152	35,1	19,4	0,53	-4,46	1,00	116	107

[0042] Les resultants montre la faible pression au condenseur pour les deux produits PEE-PFIPK et MPFBE ce qui favorise l'infiltration de l'air dans les installations.

5 **Revendications**

1. Procédé de conversion d'énergie mettant en oeuvre un système avec turbine comportant au moins un étage comprenant successivement une étape d'évaporation d'un fluide frigorigène, une étape de détente dans une turbine, une étape de désurchauffe dans un échangeur interne, une étape de condensation dudit fluide et une étape de compression liquide dans une pompe **caractérisé en ce que** le fluide frigorigène comprend de 40 à 100 % en poids de 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ène et de 0 à 60 % en poids d'au moins un composé choisi parmi le pentane, l'isopentane, le cyclopentane et le trans-1,2,dichloroéthylène, et la température d'évaporation étant comprise entre 60 et 150°C.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la température d'évaporation est comprise entre 80 et 150°C.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé en ce que** le fluide frigorigène comprend en outre au moins un composé choisi parmi les hydrofluorocarbures, les hydrocarbures, les (hydro)fluoroéthers, les hydrochlorofluoropropènes, les hydrofluoropropènes, les éthers, le formiate de méthyle, le dioxyde de carbone et le trans-1,2 dichloroéthylène.
- 20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce que** le fluide frigorigène comprend au moins un hydrofluorocarbure choisi parmi le 1,1,3,3,3-pentafluoropropane et le 1,1,3,3,3-pentafluorobutane.
- 25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 **caractérisé en ce que** le fluide frigorigène comprend de 60 à 100 % en poids de 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ène et de 0 à 40 % en poids de cyclopentane, pentane, d'isopentane ou trans 1,2-dichloroéthylène.
- 30 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 **caractérisé en ce que** le fluide frigorigène comprend un stabilisant.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 **caractérisé en ce que** le fluide frigorigène comprend un lubrifiant.
- 35 8. Procédé selon la revendication 7 **caractérisé en ce que** le lubrifiant est le le polyalkylène glycol, le polyolester ou le polyvinyl éther.

40 **Patentansprüche**

1. Verfahren zur Umwandlung von Energie unter Verwendung eines Turbinensystems mit mindestens einer Stufe, die nacheinander einen Schritt des Verdampfens eines Kältemittelfluids, einen Schritt des Entspannens in einer Turbine, einen Schritt des Entüberhitzens in einem internen Wärmetauscher, einen Schritt des Kondensierens des Fluids und einen Schritt des Flüssigkeitsverdichtens in einer Pumpe umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemittelfluid 40 bis 100 Gew.-% 1,1,1,4,4,4-Hexafluorbut-2-en und 0 bis 60 Gew.-% mindestens einer Verbindung, die aus Pentan, Isopentan, Cyclopentan und trans-1,2-Dichlorethylen ausgewählt ist, umfasst, wobei die Verdampfungstemperatur zwischen 60 und 150°C liegt.
- 45 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdampfungstemperatur zwischen 80 und 150°C liegt.
- 50 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemittelfluid außerdem mindestens eine Verbindung, die aus teilfluorierten Fluorkohlenwasserstoffen, Kohlenwasserstoffen, (Hydro)fluorethern, Hydrochlorfluorpropenen, Hydrofluorpropenen, Ethern, Ameisensäuremethylester, Kohlendioxid und trans-1,2-Dichlorethylen ausgewählt ist, umfasst.
- 55 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemittelfluid mindestens einen teilfluorierten Fluorkohlenwasserstoff, der aus 1,1,3,3,3-Pentafluoropropan und 1,1,3,3,3-Pentafluorbutan aus-

gewählt ist, umfasst.

- 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemittelfluid 60 bis 100 Gew.-% 1,1,1,4,4,4-Hexafluorbut-2-en und 0 bis 40 Gew.-% Cyclopentan, Pentan, Isopentan oder trans-1,2-Dichlorethylen umfasst.
- 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemittelfluid einen Stabilisator umfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemittelfluid ein Schmiermittel umfasst.
- 15
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Schmiermittel um Polyalkylenglykol, Polyolester oder Polyvinylether handelt.

### Claims

- 20
1. Energy conversion process employing a turbine system having at least one stage comprising successively a step of evaporation of a refrigerant, an expansion step in a turbine, a desuperheating step in an internal exchanger, a step of condensation of said fluid and a step of liquid compression in a pump, **characterized in that** the refrigerant comprises from 40 to 100 wt.% of 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ene and from 0 to 60 wt.% of at least one compound selected from pentane, isopentane, cyclopentane and trans-1,2-dichloroethylene, and the evaporation temperature being between 60 and 150°C.
- 25
2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the evaporation temperature is between 80 and 150°C.
- 30
3. Process according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the refrigerant further comprises at least one compound selected from hydrofluorocarbons, hydrocarbons, (hydro)fluoroethers, hydrochlorofluoropropenes, hydrofluoropropenes, ethers, methyl formate, carbon dioxide and trans-1,2-dichloroethylene.
- 35
4. Process according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the refrigerant comprises at least one hydrofluorocarbon selected from 1,1,3,3,3-pentafluoropropane and 1,1,3,3,3-pentafluorobutane.
- 40
5. Process according to any one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the refrigerant comprises from 60 to 100 wt.% of 1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ene and from 0 to 40 wt.% of cyclopentane, pentane, isopentane or trans-1,2-dichloroethylene.
- 45
6. Process according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the refrigerant comprises a stabilizer.
- 50
7. Process according to any one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the refrigerant comprises a lubricant.
- 55
8. Process according to Claim 7, **characterized in that** the lubricant is polyalkylene glycol, polyol ester or polyvinyl ether.

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- WO 2006113902 A [0007]
- WO 2005085398 A [0008]
- WO 2008134061 A [0009]
- US 2006010872 A [0010]